

чує дослідження амплітудно-частотної характеристики ехо-сигналів при зміні частоти зондувальних ультразвукових коливань у 3-5 разів. Генератор зондувальних імпульсів спектроскопа дозволяє змінювати частоту заповнення в діапазоні близько $\Delta f \approx 10\%$ від одного циклу збудження до іншого. Для випромінювання та прийому інформаційних сигналів застосовують широкосмуговий перетворювач з перемінною товщиною п'єзoeлемента.

Наведена узагальнена інформація відносно особливостей застосування описаних методів неруйнівного ультразвукового контролю якості пластмас та неметалевих матеріалів, що характеризуються різною структурою, дозволяє організувати як вихідний контроль фізико-механічних характеристик, так і їх дослідження в експлуатованих конструкційних елементах. При цьому, описані основні характерні відмінності кожного з методів надають базові положення відносно структури вимірювань, методики контролю, особливостей визначення дефектів деяких типів. Викладена інформація може бути використана не тільки при реалізації неруйнівного контролю в області будівництва, а й в інших галузях промисловості, наприклад в електро-, радіотехніці та ін.

1.Шутенко Л.М., Серіков Я.О., Золотов С.М. Дослідження будівельних матеріалів та конструктивних елементів будинків і споруд ультразвуковими методами. – К.: Техніка, 2005. – 210 с.

2.Ultrasonic NDE of Materials Grain Size and Hardness / A.Badidi Bouda, R.Halimi and A.Benchaaala, Centre de Recherche en Soudage et Controls, Route de Dely Brahim BP 64 Cheraga, 16200, Alger, Algeria // 5th World Congress on Ultrasonics Paris, France 7-10 September, 2003.

3.Wang L., Rokhlin S. Surface and interface characterization by nonlinear vibrations // 16th International Symposium on Nonlinear Acoustics "ISNA – 16". – Moscow: Moscow State University, 2002. – P.73.

4.Study on Ultrasonic Evaluation of Cement Bond Quality in Oil Wells / C.Zhang, W.Jjin, H.Liu and H.Zhang, Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences // 5th World Congress on Ultrasonics Paris, France 7-10 September, 2003.

Отримано 26.10.2007

УДК 666.9 : 519.2

Н.Р.АНТОНЮК, канд. техн. наук, И.К.БИЧЕВ

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ПОИСК МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО КОМПРОМИСНЫХ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ

По моделям технологических и эксплуатационных свойств буроналивочных свай, содержащих полипропиленовые волокна, выполняется поиск компромиссных со-

ставов по пяти критериям, двум из которых предъявлены нормативные требования. В ходе вычислительных экспериментов получены гарантирующие рецептурно-технологические решения.

Предложенная в ОГАСА [1, 2] итерационная процедура многокритериального поиска позволяет определить гарантирующие рецептурно-технологические решения разных уровней – допустимые, оптимальные и компромиссные. Метод поиска компромиссных рецептурно-технологических решений случайным сканированием полей свойств материала методом Монте-Карло уже позволил решить ряд задач. В каждой из задач факторная область полей всех свойств была большой размерности (число факторов $k=4-8$), допускалось управление всеми факторами в пределах $-1 \leq x_i \leq +1$. Одним критериям качества задавались ограничения (в связи с нормативными, технологическими и эксплуатационными требованиями), для других критериев разыскивались компромиссные уровни.

Представляет интерес поиск компромиссных решений методом Монте-Карло на полях свойств малой размерности (число факторов $k=3$) и оценка эффективности его применения (такую задачу раньше решали с помощью графоаналитических методов [3]).

Как результат реализации этого метода может быть получен рациональный состав буроинъекционных свай по совокупности критериев свойств, которые отвечают регламентированным и оптимизированным требованиям, которые будут поставлены в данной задаче. Использование такого подхода в технологии буроинъекционных свай позволяет оценить риски, связанные с выпуском продукции на стадии ее проектирования, и принятие наиболее эффективного экономического решения.

Эксперимент проводился по 15-точечному трехфакторному плану V_3 . Варьировались три рецептурно-технологических фактора: X_1 – полипропиленовая фибра «Ваусон» ($400 \pm 200 \text{ г/м}^3$), содержание заместителя цемента – ферросилиция в диапазоне $X_2 = 5 \pm 5$ м.ч. от массы цемента и соотношение зернового состава песка (X_3), где нижнему уровню $x_3 = -1$ соответствовал мелкий песок, верхнему $x_3 = +1$ – крупный песок, а среднему $x_3 = 0$ их равная доля в смеси. Содержание других ингредиентов оставалось постоянным. Исследования проводились при равном водоцементном отношении $B/C=0,52$, соответствующем распылу смеси в пределах от 16 до 24 мм.

По результатам эксперимента в системе COMPEX-99 (ОГАСА) построены экспериментально-статистические модели (ЭС-модели). К материалу предъявлены требования-ограничения: распыл смеси (D)

не менее 160 мм и водоотделение (W_{out}) не более 2%. При этом три критерия должны быть оптимизированы на максимальных уровнях – прочность на растяжение при изгибе (R_{btb}), критерий трещиностойкости, оцениваемый критическим коэффициентом интенсивности напряжений (K_{Ic}) и водонепроницаемость (W), характеризующая долговечность бетона. Улучшение этих показателей должно способствовать повышению прочностных и эксплуатационных показателей буронабивных свай. Анализ этих пяти свойств по трехфакторным полям в точках максимума и минимума [4] показал, что необходим поиск компромиссных составов. В качестве исходных уровней принимаются медианные значения для соответствующих полей: $R_{btb.M} = (R_{btb.max} + R_{btb.min})/2 = (6,6+4,1)/2 = 5,35$ МПа; $K_{Ic.M} = (K_{Ic.max} + K_{Ic.min})/2 = (0,28+0,23)/2 = 0,26$ МПа·м^{0,5}; $W_M = (W_{max} + W_{min})/2 = (6,5+2,2)/2 = 4,35$ МПа.

Поиск базируется на результатах вычислительного эксперимента на комплексе описанных ЭС-моделями полей M свойств $Y(x)$ с использованием метода Монте-Карло.

На первом этапе 1-й итерации «1-0» в области трехмерного куба Ω_x полей $Y(x)$ генерируются 1000 случайных равномерно распределенных векторов x , к которым добавлено восемь точек вершин ($\pm 1, \dots, \pm 1$). На куб (со стороной $\Delta x_i = 2$) как бы наброшена многомерная случайная сетка со средним шагом $\Delta x_i / N^{0,25} = 2 / 5,62 = 0,36$. По ЭС-моделям рассчитываются оценки уровней всех M свойств в N точках (в данном случае $M = 5$, $N = 1008$).

На втором этапе 1-й итерации «1-1» отбираются N_Ω точек, попавших в допустимую область Ω по уровням полей критериев-ограничений. В данной задаче в допустимой области осталось 166 состава, у которых $D \geq 160$ мм и $W_{out} \leq 2\%$, а уровни R_{btb} , K_{Ic} и W не хуже медианных. Остальные 842 «плохих состава» удалены, область поиска существенно сократилась. На третьем этапе 1-й итерации «1-2» проводится пошаговое приближение к единичным оптимумам $R_{btb.max} = 5,85$ МПа, $K_{Ic.max} = 0,27$ МПа·м^{0,5} и $W_{max} = 5,91$ МПа. Область поиска сокращается до области компромисса Ω_{comp} , в котором осталось 8 составов. На рис.1 показан результат оптимизации на этом этапе.

Уровни критериев лучше медианных ($R_{btb} = 5,85 > R_{btb.M} = 5,35$; $K_{Ic} = 0,27 > K_{Ic.M} = 0,26$; $W = 5,91 > W_M = 4,35$). Дальнейшее приближение к оптимумам на 1-й итерации невозможно. Итерационный процесс следует продолжить, генерируя новые 1000 точек в расширенной

с учетом шага Δx_i области компромисса. Основное внимание на 2-й итерации (1000 + 8 «хороших» состава этапа «1-2») обращено на поиск составов, имеющих максимальные показатели по трещиностойкости, прочности на растяжение при изгибе и водонепроницаемости, чтобы в дальнейшем обеспечить долговечность материала для буроналивных свай.

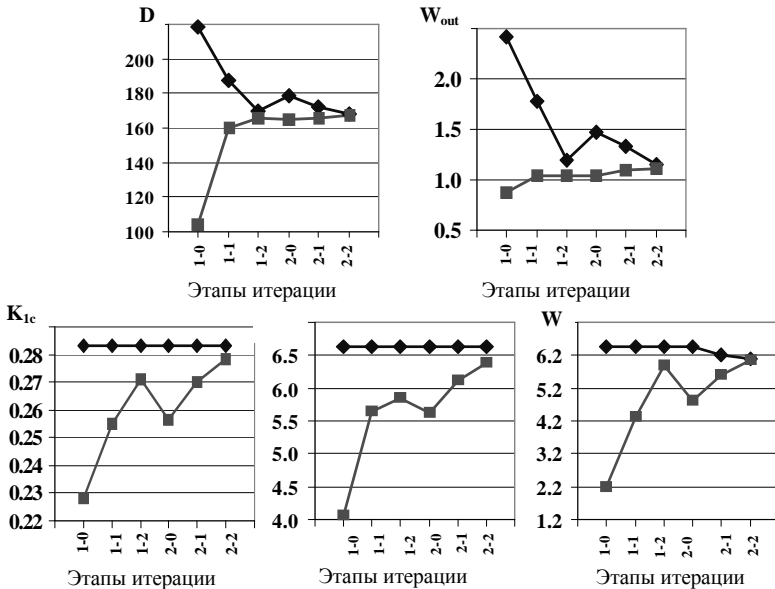


Рис.1 – Изменение в ходе вычислительного эксперимента нормируемых (D и W_{out}) и оптимизируемых (R_{bt} , K_{1c} и W) свойств композита

На третьем этапе 2-й итерации «2-2» границы области оставшихся составов (таблица) значительно сблизились. У этих составов границы диапазонов оптимизируемых критериев (рис.1) практически сомкнулись – процесс поиска можно прекратить.

На рис.2 показаны изоповерхности нормируемых критериев качества $D \geq 160$ мм и $W_{out} \leq 2\%$ (заштрихованные зоны) и найдена область компромиссных составов (не заштрихованная зона), которая удовлетворяет нормативным и оптимизированным критериям. Компромиссные составы с наилучшими показателями по R_{bt} и K_{1c} находятся в зоне повышенного содержания ферросилиция и фибры с введением крупного песка. Водонепроницаемость (W) находится в зоне с повышенным содержанием ферросилиция и с введением крупного песка, а

фибра мало влияет на этот показатель (рис.2).

Характеристики итераций при поиске оптимальных составов
при технологии производства буронабейных свай

Итерации	Количество составов	X ₁ (Полипропиленовая фибра)		X ₂ (Ферросилиций)		X ₃ (Зерновой состав песка)		K _{1C} , МПа·м ^{0,5}		R _{btb} , МПа		W, МПа	
1-0	1008	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	0,28	0,23	6,63	4,07	6,48	2,17
1-1	166	1,00	-1,00	1,00	0,06	1,00	-0,07	0,28	0,26	6,63	5,64	6,48	4,32
1-2	8	1,00	-1,00	1,00	0,87	1,00	0,90	0,28	0,27	6,63	5,85	6,48	5,91
2-0	1008	1,00	-1,00	1,00	0,51	1,00	0,54	0,28	0,26	6,63	5,63	6,48	4,80
2-1	177	1,00	-0,21	1,00	0,69	1,00	0,55	0,28	0,27	6,63	6,12	6,20	5,62
2-2	7	1,00	0,44	1,00	0,95	1,00	0,96	0,28	0,28	6,63	6,39	6,10	6,05

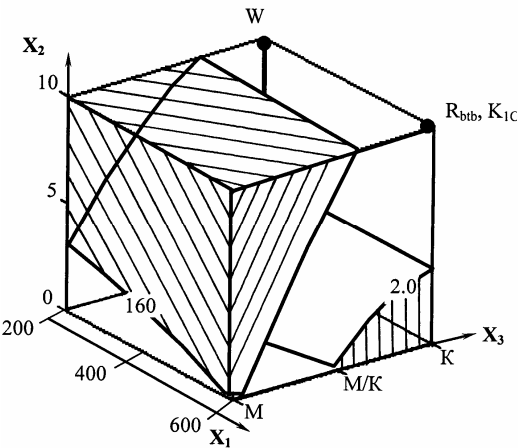


Рис.2 – Изоповерхности распыла (D = 160 мм) и водоотделения (W_{out} = 2%) технологической смеси, а также область компромиссных составов

По результатам вычислительного эксперимента выбран компромиссный состав со следующими параметрами: полипропиленовая

фибра в диапазоне 600 г/м^3 ($X_1 = 1$); ферросилиций на верхнем уровне – 10 м.ч. ($X_2 = +1$) и при введении крупного песка ($X_3 = 1$). Композит такого состава имеет расплыв смеси $D = 167,8 \text{ мм} > D = 160 \text{ мм}$ и водоотделение $W_{\text{out}} = 1,13\% < W_{\text{out}} = 2\%$, что удовлетворяет требованиям к нормируемым критериям качества. Уровни оптимизируемых критериев композита – прочность на растяжение при изгибе $R_{\text{btb}} = 6,63 > R_{\text{btb.M}} = 5,35 \text{ МПа}$, критический коэффициент интенсивности напряжений $K_{\text{Ic}} = 0,28 > K_{\text{Ic.M}} = 0,26 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ и водонепроницаемость $W = 6,08 > W_{\text{M}} = 4,35 \text{ МПа}$.

Методы компьютерного материаловедения позволяют находить рациональные инженерные решения при разработке и исследовании новых многокомпонентных строительных материалов. Предложенная методика полезна при исследованиях фиброармированных композитов в частности, для устройства буроинъекционных свай, применяемых для усиления фундаментов в водонасыщенных грунтах. В вычислительном эксперименте выделяются локальные поля свойств, получается информация о связи поведения выбранного критерия с другими свойствами, выявляются рецептурные ресурсоэкономные зоны.

1.Ляшенко Т.В. Поля свойств строительных материалов (концепция, анализ, оптимизация): Дисс. ... д-ра техн. наук. – Одесса, 2003. – 449 с.

2.Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. ЭС-модели в компьютерном строительном материаловедении. – Одесса: Астропринт, 2006. – 115 с.

3.ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / В.А.Вознесенский, Т.В.Ляшенко, Я.П.Иванов, И.И.Николов. – К.: Будівельник, 1989. – 240 с.

4.Бичев И.К. Изучение влияния дисперсного армирования и модифицирующих добавок на технологические показатели буроинъекционных свай // Вісник ОДАБА. Вип.26. – Одеса: Зовніш-рекламсервіс, 2007. – С.76-83.

Получено 16.08.2007

УДК 624.046 : 624.012.25

О.О.ДОВЖЕНКО, канд. техн. наук, Н.М.ПІНЧУК, Т.М.МИРКО

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

МІЦНІСТЬ ЦЕГЛЯНОЇ ТА АРМОЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПРИ МІСЦЕВОМУ ЇЇ СТИСНЕННІ

Виконано огляд сучасних експериментальних і теоретичних досліджень міцності кам'яної кладки. Наводяться результати експериментального дослідження міцності цегляних та армоцегляних стінок при центральному односторонньому місцевому стисненні.

Кам'яні конструкції характеризуються високою міцністю, вогнестійкістю, екологічністю, архітектурною виразністю, малими експлуатаційними витратами та доступністю для більшості споживачів.